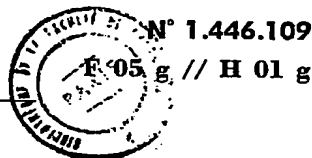


AG  
**BREVET D'INVENTION**

P.V. n° 30.186

Classification internationale :



**Transducteur électro-hydraulique.**

M. MACK GORDON résidant aux États-Unis d'Amérique.

**Demandé le 2 septembre 1965, à 13<sup>h</sup> 46<sup>m</sup>, à Paris.**

Délivré par arrêté du 6 juin 1966.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 29 de 1966.)

(Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le 2 septembre 1964, sous le n° 393.834, aux noms de M. Robert Gordon HANNEMAN, du demandeur et de M. Harry GREGOR.)

La présente invention se rapporte à des perfectionnements aux transducteurs électro-hydrauliques assurant un transfert d'énergie entre un système électrique et un système à pression de liquide. En alimentant le système électrique, on obtient des pompes électro-osmotiques et des générateurs électro-osmotiques et l'invention concerne plus particulièrement des perfectionnements grâce auxquels il est possible de produire une pression stable ou un écoulement utilisable en pratique dans un liquide ionisant de telle façon que l'appareil soit maintenu dans les conditions voulues de stabilité pendant des périodes de temps d'une durée acceptable au point de vue industriel. Cette période doit être d'au moins deux heures et les dispositifs suivant l'invention ont été en fonctionnement dans des conditions stables pendant des périodes allant de 10 à 20 heures.

L'un des buts de la présente invention est de réaliser une pompe électro-osmotique comprenant un récipient ayant deux ou plus de deux chambres et un liquide contenu dans un circuit qui comprend ce récipient, ainsi qu'une membrane poreuse immergée dans le liquide et fixée de manière étanche dans le récipient de façon à former une séparation entre les deux chambres du récipient, et des électrodes situées de part et d'autre de la membrane, qui sont à peu près chimiquement inertes par rapport au liquide et par rapport à la tension électrique de sorte que si l'on applique une différence de potentiel électrique entre les électrodes situées de part et d'autre de la membrane le liquide s'écoule ou tend à s'écouler à travers les pores de la membrane de façon à former un flux et/ou une pression pratiquement utilisable.

Certains des buts plus détaillés de l'invention consistent à fournir un liquide ionisant stable dans un transducteur électro-hydraulique qui peut comprendre l'addition de systèmes redox au liquide pour contribuer à l'obtention de réactions

réversibles sur les électrodes, de façon que la composition chimique de l'électrolyte reste pratiquement constante.

Un autre but de l'invention est de réaliser des diaphragmes ou membranes poreux appropriés, à grande charge superficielle destinés à être utilisés dans des circuits de ce type, et dans certains cas, l'invention a également pour objet le traitement de cette membrane pour produire des contre-ions de grandes dimensions, en renforçant par ce moyen le potentiel zêta qui augmente l'effet électro-osmotique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

Au dessin annexé, donné uniquement à titre d'exemple :

La fig. 1 est une vue en coupe axiale d'une forme de réalisation de l'invention, prise suivant la ligne 1-1 de la fig. 2 ;

La fig. 2 est une vue en coupe transversale de cette forme de réalisation, prise suivant la ligne 2-2 de la fig. 1 ;

La fig. 3 est une vue schématique en coupe, très agrandie, d'un pore de la membrane du diaphragme de la fig. 2 ;

Les fig. 4 et 5 représentent des pompes électro-osmotiques suivant l'invention connectées en parallèle et en série respectivement ;

Les fig. 6 à 13 représentent schématiquement quelques-unes des applications proposées pour l'invention.

Bien que l'effet électro-osmotique dont il s'agit soit connu depuis le temps de Reuss et Helmholtz, cet effet n'était jusqu'à présent, à la connaissance du demandeur, qu'un intéressant phénomène de laboratoire, inutilisable pour les besoins pratiques en ce qui concerne la production d'une force ou d'un travail utile.

Pour les besoins de la description, il a été représenté schématiquement sur les fig. 1 et 2 une forme d'appareil suivant l'invention. Un réci-

piant fermé 10 est muni d'orifices 11 et 12. A l'intérieur du récipient et entre les orifices est interposée une membrane cylindrique poreuse 13. On entend ici par membrane ou diaphragme poreux une membrane ayant des pores qui permettent à un fluide de la traverser entièrement d'une face à l'autre. Cette membrane est fixée de manière étanche dans le récipient de telle façon que le liquide passant de l'un à l'autre des orifices 11 et 12 soit obligé de traverser les pores de la membrane 13. Sur le dessin, la garniture d'étanchéité représentée en 14, est constituée par une matière non réactive par rapport au liquide électrolytique utilisé suivant l'invention, et scelle les extrémités de la membrane 13 contre les parois du récipient. Dans une forme de réalisation de l'invention, ce joint est fait de « Teflon » (polytétrafluoroéthylène) bien que l'on puisse également utiliser d'autres matières, ainsi qu'il sera évident pour le spécialiste.

Pour appliquer une différence de potentiel électrique sur les faces opposées de la membrane 13, on prévoit des électrodes appropriées 15 et 16. Ces électrodes sont chimiquement inertes au liquide ionisant qui remplit le récipient 10, ainsi qu'au courant électrique. Les électrodes représentées sur le dessin à titre d'exemples sont constituées par des toiles de platine, de préférence à mailles fines, une toile à mailles de 0,074 mm d'ouverture ayant été utilisée dans une forme de réalisation de l'invention. Des conducteurs appropriés 15a et 16a respectivement traversent de manière étanche et électriquement isolée la garniture 14 de « Teflon » et le récipient 10 de sorte qu'il est possible d'appliquer une différence de potentiel électrique aux électrodes 15 et 16. Il va de soi que ces électrodes peuvent également être en or ou autre matière appropriée et il est également évident que ces électrodes peuvent être formées par une peinture appliquée sur la surface de la membrane 13 ou bien qu'elles peuvent également être déposées en couche mince par des techniques appropriées, par exemple par placage, diffusion de vapeur, etc.

Sur la fig. 1 l'orifice 11 est fermé par un capuchon 17 et l'orifice 12 par un capuchon 18. A titre illustratif, le capuchon 18 est muni d'un dispositif 19 qui peut représenter un manomètre, un interrupteur, un diaphragme de pression, un servo-moteur, ou un autre dispositif qui peut être mis en action par la pression ou le flux déterminé dans l'utilisation de la nouvelle pompe électro-osmotique. Si l'on veut produire un flux, les orifices 11 et 12 sont reliés à un conduit 20 de façon à former un circuit fermé de liquide comprenant le récipient 10 comme constituant de ce circuit. Si cela est nécessaire ou avantageux, on peut interposer sur le conduit 20 un dispositif tel que celui indiqué en 21 pour tirer parti de l'écoulement induit dans le conduit 20 par la pompe électro-osmotique, de façon à indiquer le

passage d'un écoulement ou à tirer une utilisation pratique de cet écoulement.

Le récipient est représenté relié électriquement à la terre en 22 par sécurité, ceci n'étant pas nécessaire pour le fonctionnement de la pompe. Le récipient est de préférence fait d'une matière non conductrice de l'électricité.

Ainsi qu'on l'a indiqué plus haut, le récipient 10 et les éléments du circuit de liquide tels que 11, 12 ou 20 qui lui sont reliés, sont remplis d'un liquide approprié qui est désigné ici par l'expression « liquide ionisant », pour la simplicité de l'exposé. Ce terme aura ici une interprétation limitée ainsi qu'on l'indiquera plus bas. Tous les liquides organiques ne sont pas utilisables avec les mêmes résultats avec les dispositifs suivant l'invention car l'amplitude de l'effet produit croît généralement avec la constante diélectrique du liquide et les liquides qui ont une constante diélectrique très faible présentent des effets électro-osmotiques relativement faibles. Suivant l'invention, il est préférable d'utiliser des liquides ayant des constantes diélectriques comprises entre environ 5 et 100, bien que l'on puisse également utiliser des liquides ayant une constante diélectrique supérieure ou inférieure. La force qui détermine l'écoulement est apparemment en fonction de la constante diélectrique et, plus la constante est élevée, plus l'écoulement est fort. Avec des liquides de la même viscosité, l'écoulement est donc plus important dans le cas des liquides à plus forte constante diélectrique. En outre, il y a un grand nombre de conditions à faire entrer en considération pour le choix du liquide électrolytique, à savoir sa volatilité, sa viscosité, son point de congélation, sa résistivité et sa stabilité chimique, son point éclair, etc.

On décrira dans la suite plusieurs liquides appropriés pour être utilisés dans la pompe électro-osmotique perfectionnée suivant l'invention, non pas dans un sens limitatif mais uniquement pour illustrer le principe comme cela est nécessaire pour appliquer l'invention avec succès. Les liquides préférés ont, en plus d'une haute constante diélectrique (qui signifie polarité), une fraction hydrocarburée et un groupe polaire tel que nitrile ( $-\text{CN}$ ) comme dans le nitrilebutylique, un groupe carbonyle comme dans les cétones telles que la cyclohexanone, un groupe aldéhyde comme dans la benzaldéhyde, un groupe  $-\text{OH}$  comme dans les alcools tels que le méthanol, l'isopropanol, etc.

Les composés organiques polaires qui ont un groupe tel qu'un groupe cétone ou un groupe aldéhyde qui peut être réduit en alcool puis être réoxydé en cétone ou en aldéhyde (ou inversement qui ont un groupe facilement oxydable tel que le groupe hydroxyle qui forme un aldéhyde ou une cétone) entrent automatiquement en jeu dans un effet redox qui assure la stabilité du liquide pourvu que la tension appliquée entre les deux électrodes ne soit pas suffisamment grande

pour provoquer la formation d'autres composés. Il est visible qu'il existe un gradient maximal de potentiel qui peut être appliqué à chaque liquide pour que ce liquide reste stable, exception faite de l'effet redox autorégénérateur ci-dessus. Au-dessus de ce potentiel, il tend à se former de nouveaux composés et le dispositif est rendu moins utile sinon détruit. Le demandeur a constaté qu'on peut relever notablement le gradient maximal de potentiel auquel le liquide est stable en incorporant dans le liquide de la substance redox organique ou minérale telle que la quinone-hydroquinone, ou le ferrocyanure ferrique-ferrocyanure ferreux mentionné ci-après ou une matière équivalente qui subit une oxydation et une réduction préférentielle et protège ainsi le véhicule liquide de la décomposition et de la formation de nouveaux composés.

Certains liquides organiques tels que la cyclohexanone et/ou le 2-nitropropane sont révélés être très appropriés pour la présente invention. Le liquide organique utilisé doit être purifié par des techniques normales appliquées avec soin, et qui peuvent comprendre la distillation, l'absorption et équivalents. L'un de ces liquides est la cyclohexanone bi-distillée. Cette cyclohexanone  $C_6H_{10}O$  est un produit d'oxydation du cyclohexanone  $C_6H_{11}OH$ . On estime que l'oxydation qui se produit à l'anode et la réduction qui se produit à la cathode comme entre les électrodes 15 et 16 dans un sens ou dans l'autre, peuvent produire l'effet redox nécessaire pour le fonctionnement de cette pompe électro-osmotique sous la forme d'un effet redox oxyde-peroxyde. Le liquide ci-dessus est l'un des nombreux liquides qui donnent un système raisonnablement stable pour les besoins de l'invention, un liquide qui soit capable de débiter des pressions utiles pendant des périodes de longue durée à des débits pratiquement utilisables.

L'alcool méthylique est également un liquide propre à être utilisé suivant l'invention, soit parce qu'il crée son propre effet redox, ainsi qu'on l'a indiqué plus haut, soit parce qu'il ne s'empoisonne pas rapidement.

Le terme « redox » utilisé ici désigne un liquide utilisé dans un dispositif électro-osmotique qui, lorsqu'il est soumis à un courant électrique entre une électrode positive et une électrode négative, donne une forme oxydée de ce liquide à l'une des électrodes et une forme réduite de ce liquide à l'autre électrode. En outre, ces formes oxydée et réduite se transforment respectivement en la forme réduite et la forme oxydée lorsqu'elles passent à l'électrode opposée, le taux de transfert ionique aux deux électrodes étant égal, en donnant une réaction chimique continuellement réversible. L'effet redox remplace la décomposition électrique de sorte que l'effet redox satisfait aux conditions d'équilibre énergétique, en laissant le système stable.

On peut réaliser une pompe perfectionnée sui-

vant l'invention en utilisant des systèmes tels que ceux décrits ci-dessus mais en ajoutant certains de ces systèmes réversibles oxydation-réduction. Un tel système redox peut comprendre, par exemple, la quinone-hydroquinone dissoute dans un solvant approprié tel que la cyclohexanone ou le 3-nitropropane. Lorsqu'on utilise de ce couple redox dans l'invention, l'hydroquinone est oxydée en quinone à l'anode et la quinone est réduite en hydroquinone à la cathode.

La combinaison des processus de transport ou de diffusion amène la forme réduite et la forme oxydée du système à l'électrode opposée où il peut se produire une réaction entièrement réversible. En principe, ceci permet de faire passer un courant continu ou ondulé ou un courant alternatif redressé à travers l'électrolyte suivant l'invention pendant une période de temps indéfinie sans détérioration du liquide électrolytique. Il est connu qu'il ne se produit pas de polarisation par concentration mais, avec un système approprié, la vitesse du processus de diffusion peut être égale à la réaction sur l'électrode. Il y a de nombreux avantages évidents à utiliser ce système redox car sa présence contribue à éviter l'oxydation et la réduction du solvant qui, dans le cas de certains liquides, est indésirable du fait qu'elles peuvent conduire à des effets irréversibles dans le liquide. En outre, il permet d'inverser le courant, par exemple entre les électrodes 15 et 16 de façon à inverser le mouvement ou la tendance au mouvement à travers la membrane 13 et il permet également d'utiliser une seule catégorie d'électrode pour l'anode et pour la cathode.

Un autre système redox pouvant être utilisé suivant l'invention est un système d'ions complexes comprenant des sels d'ions ferriques-ferreux et équivalents. Par exemple, on peut utiliser un ferricyanure ferreux dissous dans un solvant approprié tel que la cyclohexanone ou le 2-nitropropane. Ce système, lorsqu'il est utilisé suivant l'invention, comportera une oxydation du ferrocyanure en ferricyanure à l'anode et une réduction du ferricyanure en ferrocyanure à la cathode. Ceci, comme dans le cas des liquides ionisants préalablement décrits, donnera un liquide stable pendant une période de temps acceptable pour les besoins industriels.

Le demandeur a constaté que les ions charges accumulés sur la surface des pores de la membrane sont d'une grande importance et que, par un traitement approprié de ces pores, il est possible de modifier facilement le débit et (dans certains cas) même le sens de l'écoulement à travers la membrane. Le traitement des pores consiste à produire des groupes ionisants ou échangeurs d'ions de grande dimension sur les surfaces des pores. Par des expériences, le demandeur a constaté que la quantité de liquide qui est pompée à travers la membrane 13 croît avec la dimension du contre-ion, soit en raison du fait

que les contre-ions sont de grandes dimensions par eux-mêmes, soit parce qu'ils sont fortement solvatisés. Par conséquent, l'invention apporte l'avantage d'ajouter au système un contre-ion de grande dimension. Par exemple, si l'on utilise pour la membrane 13 du verre fritté, on peut traiter ce verre préalablement par une solution alcaline contenant un ion ammonium quaternaire de grandes dimensions tel que, par exemple, l'hydroxyde de tétrapropylammonium, ou un autre hydroxyde d'alcoyl ou d'arylammonium. L'ion tétrapropylammonium reste dans la matière frittée pour produire le contre-ion de grandes dimensions recherché dans le liquide ionisant. Ceci donne un potentiel zêta plus élevé entre la membrane et le liquide et favorise l'effet électro-osmotique dans le système. Sur la fig. 3 on a représenté en 23 et à une échelle très agrandie, un pore qui traverse la membrane 13. On comprendra que ces pores sont d'une dimension comprise entre environ 0,1 micron et 10,0 microns, la dimension préférée pour l'ouverture étant de 0,1 micron.

On a représenté en 24 les ions négatifs contenus dans le verre fritté et qui forment une couche qui peut être constituée par les anions silicates ou les ions tétrapropylammonium, comme on l'a mentionné plus haut. Une couche de contre-ions 25 qui sont de préférence les ions de grandes dimensions, se forme dans le liquide ionisant qui remplit le pore 23. Dans cette condition, si l'on établit un potentiel électrique positif sur une électrode au point 26 et un potentiel négatif sur l'électrode représentée en 27, les contre-ions 25 sont repoussés par l'électrode 26 et attirés par l'électrode 27 de façon à se déplacer ou à tendre à se déplacer vers la gauche avec le liquide à travers le pore 23. Ceci illustre le principe suivant lequel plus les contre-ions sont grands de dimension plus le rendement d'entraînement du liquide à travers les pores est grand. En outre, plus le pore est petit, plus grand sera le rendement en fonction de la dimension des contre-ions.

Bien que la présente invention puisse être mise en œuvre avec des pores non uniformes dans la membrane 13, il est important, pour une application donnée, que les dimensions des pores soient aussi uniformes que possible pour obtenir le rendement maximal possible.

La présente invention peut également utiliser des membranes perfectionnées telles que des verres frittés qui ont été traités de façon à augmenter leurs charges superficielles et le potentiel zêta, des céramiques frittées à grande charge superficielle, qui comprennent les céramiques formées d'oxydes d'aluminium, des matières plastiques telles que le polystyrène, le polystyrène sulfoné, l'A.B.S. (copolymère acrylonitrile-butadiène-styrène), les copolymères acrylonitrile-styrène, les résines phénol-formaldéhyde, les résines époxy et les résines de polyesters, le caoutchouc (y com-

pris le Néoprène et les caoutchoucs synthétiques et naturels vulcanisables par le soufre), le papier et la cellulose, tous ces corps ayant une forte charge superficielle, des membranes en résines synthétiques qui ont été traitées de façon à contenir des groupes ioniques organiques fixés, des membranes organiques contenant une forte concentration des groupes ioniques fixés (membranes échangeuses d'ions qui comprennent les styrènes échangeurs d'anions et de cations) et des variantes et combinaisons appropriées de ces divers composés. Il est également possible d'utiliser pour la matière de la membrane des résines synthétiques non échangeuses d'ions, du fait que ces résines peuvent être facilement traitées sur place pour produire les contre-ions ou groupes polaires recherchés tels que les groupes acide sulfoniques ou ammonium quaternaire sur la surface des pores, lesquels peuvent être formés par des moyens bien connus dans la technique. Les résines synthétiques sont particulièrement avantageuses parce qu'elles peuvent être d'une composition chimique standardisée et uniforme. Les résines ou matières plastiques peuvent éventuellement être remplacées par des fibres adéquates, telles que la fibre de verre.

Une pompe électro-osmotique réalisée suivant l'invention et qui est capable de débiter un petit volume de liquide sous haute pression (et à une tension raisonnablement basse) comportera en général une structure à pores plus fins que ceux d'une pompe construite pour débiter un grand volume à une pression relativement basse dans un même liquide donné.

Une des caractéristiques de l'invention est que, en inversant le sens du courant sur les électrodes 15 et 16, on inverse le sens de l'action de la pompe. Par conséquent, les électrodes 15 et 16, au lieu d'être respectivement positive et négative comme représenté sur la fig. 1, pourraient avoir les polarités opposées. Il est important pour certaines applications que cet effet réversible de la pompe se produise dans un intervalle de temps raisonnablement court et que l'action en arrière soit égale et opposée à l'action en avant, lorsque le potentiel appliqué est le même.

On a mentionné l'utilisation d'un courant continu dans l'invention sur les électrodes 15 et 16 ou les éléments équivalents. Ce courant peut être de l'ordre de plusieurs centaines de volts ou même davantage.

On peut éventuellement utiliser un courant alternatif et son effet est renforcé par l'utilisation de liquides électrolytiques redox et de contre-ions de grandes dimensions.

Un dispositif destiné à l'utilisation du courant alternatif suivant l'invention est représenté sur la fig. 10. Ce dispositif est un Sonar dans lequel un caisson ou récipient 100 supporte une membrane génératrice d'impulsions 101, du type à ondes de choc ayant la forme générale d'un cône dont les bords formant brides sont montés et fixés de manière étanche comme représenté

en 102. Une membrane cylindrique poreuse 103, analogue à celle décrite en 13 sur la fig. 1, est montée à joints étanches dans le récipient à sa partie supérieure et à sa partie inférieure comme représenté en 104. Des électrodes 105 et 106 sont prévues de part et d'autre de la membrane, comme indiqué à propos des électrodes 15 et 16 sur la fig. 1. Ces électrodes sont isolées du caisson ou du récipient et alimentées en courant alternatif d'un potentiel approprié par des conducteurs 107 et 108. Lorsque la tension est appliquée aux électrodes et que la chambre 109 est remplie d'un liquide ionisant comme décrit à propos des fig. 1 et 2, des impulsions de pression se transmettent à travers le liquide à la membrane d'impulsion 101 de façon à faire produire par ce dernier des ondes de chocs dans le milieu dans lequel il est utilisé. La sortie 110 est reliée à un réservoir approprié pour permettre le va-et-vient du liquide dans la chambre 109.

La fig. 4 représente plusieurs dispositifs analogues à la construction indiquée sur les fig. 1 et 2 et qui sont connectés en parallèle. Le récipient 111 est muni d'un passage d'entrée 112 et d'un passage de sortie 113. Plusieurs membranes poreuses 114 sont montées à joints étanches à leurs extrémités opposées respectivement sur des cloisons 115 et 116 à proximité des passages d'entrée et de sortie. Des ouvertures 117 conduisent du passage d'entrée 112 à la face inférieure de chaque membrane 114 sur la fig. 4. D'autres ouvertures 118 conduisent au passage de sortie 113 en partant des espaces compris entre les membranes parallèles 114 et de l'espace situé au-dessus de la membrane supérieure et de l'espace situé au-dessous de la membrane inférieure comme représenté sur la fig. 4. Des électrodes chargées positivement et négativement, 119 et 120 respectivement, sont prévues sur les faces opposées de chacune des membranes 114. Ces électrodes sont analogues aux électrodes décrites en 15 et 16 sur la fig. 1. Toutes les électrodes 119 sont connectées à une source appropriée de tension électrique positive par un conducteur 121. Toutes les électrodes 120 sont connectées à une source appropriée de tension électrique négative par un conducteur 122. Par conséquent, l'effet produit sur chaque membrane 114 de la fig. 4 est donc analogue à celui décrit pour la membrane 13 sur la fig. 1, à savoir que l'écoulement se fait entre l'électrode chargée positivement, à travers la membrane, en direction de l'électrode chargée négativement et que l'écoulement qui se produit à travers le dispositif est indiqué par les flèches. L'écoulement sur la fig. 4 est donc augmenté en débit par rapport à la valeur qu'il prendrait en passant à travers une simple membrane de même superficie mais il est approximativement à la même pression du côté refoulement, qu'avec une simple membrane.

La fig. 5 représente les dispositifs de l'invention reliés en série. Le boîtier ou récipient 123

comporte plusieurs membranes parallèles 124, qui sont montées à joints étanches, à leur périphérie, sur les parois du récipient. Des électrodes chargées positivement et négativement, indiquées respectivement en 125 et 126, placées sur les faces opposées de chaque membrane jouent le rôle des électrodes 15 et 16 de la fig. 1 et sont de construction analogue. La membrane 124 est identique à la membrane 13 de la fig. 1. Toutes les électrodes 125 sont reliées à un conducteur électrique 127 pour recevoir un potentiel positif à une tension appropriée analogue à celui qui a été décrit précédemment. Toutes les électrodes 126 sont connectées à une ligne d'alimentation 128, servant à amener un potentiel électrique négatif à une tension appropriée. Des chicanes 129 et 130 appropriées sont prévues de préférence, mais non nécessairement, de sorte que le fluide qui arrive par le passage d'entrée 131 est convenablement diffusé dans son passage à travers le récipient 123 pour aboutir au passage de sortie 132. Il va de soi que le liquide ionisant utilisé dans les dispositifs des fig. 4 et 5 est analogue à celui décrit en regard des fig. 1 et 2 et que, les passages 112 et 113 de la fig. 4 et ceux représentés en 131 et 132 sur la fig. 5 sont connectés de façon à former des circuits fermés appropriés de sorte que le liquide ionisant n'est pas perdu.

L'invention peut être utilisée dans un très grand nombre d'applications et quelques-unes de ces applications sont représentées par les fig. 6 à 13.

Sur la fig. 6, on a représenté une pompe électro-osmotique ou un générateur de pression 30 qui est analogue à celui de la fig. 1 par son principe mais légèrement différent par sa construction. Cette pompe est constituée par un récipient 31 de section transversale quelconque, comportant des orifices 32 et 33 sur ses extrémités opposées. Dans la partie médiane du récipient, entre les orifices, est placé un diaphragme ou membrane 34 qui est du même type que la membrane 13. Cette membrane est montée à joints étanches sur la paroi du récipient 35 et le récipient est rempli d'un liquide ionisant ainsi qu'on l'a décrit dans la première forme de réalisation. Ce liquide ne peut pas passer de l'un à l'autre des orifices 32 et 33 sans traverser la membrane 34. Des électrodes 36 et 37 sont prévues de part et d'autre de la membrane et ces électrodes ont les mêmes caractéristiques que celles mentionnées pour 15 et 16 sur la fig. 1. Cette même sorte de dispositif électro-osmotique est également représentée sur les fig. 7, 8 et 9 ainsi qu'on pourra le voir dans la suite.

La fig. 6 représente un dispositif régulateur de tension. On utilise industriellement des lignes de transport à haute tension pour transporter l'électricité à grande distance. Ces lignes à haute tension sont désignées ici par l'expression de lignes primaires et elles alimentent des lignes secondaires qui servent à

amener l'énergie jusqu'à l'utilisateur final. Ces lignes secondaires comportent des dispositifs abaisseurs de tension tels que des transformateurs, afin de fournir de l'électricité à une tension plus basse, dans un intervalle de tension utilisable. Etant donné que les lignes primaires présentent des fluctuations et que les lignes secondaires doivent avoir une tension stable, il est nécessaire d'interposer un dispositif régulateur de tension dans le circuit. Ce dispositif régulateur de tension peut être un transformateur à secondaire mobile, ou à noyau mobile, ou un transformateur à prises variables. Sur la fig. 6, on a représenté ce dernier dispositif. Les lignes primaires à haute tension sont représentées en 38 et 39. Elles sont connectées respectivement par des conducteurs 40 et 41, à travers des redresseurs 40' et 41', à des électrodes 36 et 37. Un transformateur 42 comporte un primaire 42a qui est connecté aux lignes 38 et 39 et un secondaire 42b qui dessert les lignes secondaires 43 et 44 pour fournir une tension abaissée stable. En série avec l'enroulement 42a, est connectée une résistance 45 comportant plusieurs prises 46. Le bras 47 sélecteur de prise, qui est articulé en 47', est actionné par un bras isolant 48 lequel est articulé sur une tige de piston 49, elle-même reliée rigidement à un piston 50 qui coulisse dans un cylindre hydraulique 51. Les extrémités opposées de ce cylindre sont reliées par des conduits 52 et 53 respectivement aux orifices 32 et 33 du dispositif électro-osmotique. Dans le fonctionnement du dispositif de la fig. 6, lorsque la tension subit des fluctuations dans les lignes de transport 38 et 39, le potentiel qui est fourni aux électrodes 36 et 37 croît et décroît de la même façon. Les connexions sont agencées de telle façon que lorsque le potentiel décroît, le débit du fluide électrolytique croisse de la droite vers la gauche sur la fig. 6 de telle manière que la pression de fluide croisse sur la face gauche du piston 50 et décroisse sur la face droite de ce dernier de telle sorte que le piston 50 et que la tige de piston 49 se déplacent vers la droite, le bras 47 sélecteur de prise tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de son axe 47' de façon à intercaler une plus grande partie de la résistance 45 dans l'enroulement 42a du transformateur, diminuant ainsi le potentiel qui est débité entre les lignes secondaires 43 et 44. Lorsque le potentiel diminue dans les lignes primaires 38 et 39, il se produit un effet opposé et une pression plus élevée est débitée à travers le conduit 53 vers la face droite du piston 50 et une pression plus basse sur la face gauche de ce piston de sorte que le piston 50 se déplace vers la gauche sur la fig. 6 et que le bras sélecteur 47 tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, en mettant ainsi en circuit une partie de la résistance du circuit primaire 42a du transformateur. Ceci fait croître le potentiel appliqué entre les lignes secondaires 43 et 44.

La fig. 7 montre l'application de l'invention à un dispositif relié à un générateur qui produit une force hydraulique proportionnelle à une vitesse. Sur la fig. 7, le dispositif électro-osmotique 30 est exactement semblable à celui de la fig. 6 et les éléments équivalents sont affectés des mêmes numéros de référence, le récipient 31, la membrane 34, avec ses joints 35 et les électrodes 36 et 37 faisant partie de ces éléments. Une différence est qu'il est prévu à l'extrémité droite du récipient 31, un soufflet flexible 54 qui est soumis à la pression de l'électrolyte contenu dans le récipient. Ce soufflet se termine par une plaque rigide 55 qui est rigidement reliée à un élément de sortie 56 adapté pour commander un organe voulu quelconque. Un ressort hélicoïdal de compression 57 entoure l'élément 56 et est maintenu entre une plaque fixe 58 et l'élément rigide 55 du soufflet. Il est prévu un soufflet 54' pour se dilater et se contracter dans le sens inverse des mouvements du soufflet 54. On a représenté schématiquement en 59 une génératrice dont la sortie est reliée par des conducteurs 60 et 61 respectivement aux électrodes 36 et 37. La génératrice est représentée entraînée par une poulie ou autre dispositif de transmission qui entraîne l'arbre 63, lequel à son tour entraîne la génératrice. Il est facile de comprendre maintenant le fonctionnement du dispositif de la fig. 7. La génératrice 59 peut être une génératrice de courant continu ou de courant alternatif dont la sortie est redressée en courant continu. Les connexions sont telles que, lorsque la génératrice accélère, le potentiel entre les électrodes 36 et 37 détermine un déplacement du liquide ionisant dans le dispositif 30 lequel tend à se déplacer vers la droite sur la fig. 7 pour mettre le soufflet 54 en extension et de provoquer un déplacement de la tige de sortie 56 vers la droite sur la fig. 7. Sous l'effet d'une réduction de la vitesse de l'organe d'entraînement 62, le déplacement du liquide à travers la membrane 34 tend à s'inverser de façon à réduire la pression exercée sur le soufflet 54, en permettant au ressort 57 de ramener la tige 56 vers la gauche sur la fig. 7. Le dispositif électro-osmotique produit donc une force mécanique qui est proportionnelle à la vitesse. Il va de soi que l'utilité de ce dispositif peut être de servir de régulateur sur les moteurs Diesel, d'indicateur de vitesse ou équivalent.

La fig. 8 montre l'utilisation d'un ensemble de ces nouveaux dispositifs à pression électro-osmotique en série pour établir une pression supérieure à celle produite par un seul de ces dispositifs. Ici, un récipient 64 formé de plusieurs éléments est assemblé de façon à comporter une série de membranes 65, 66, 67, flexibles, extensibles, en matière analogue au caoutchouc, qui sont montés entre des brides appropriées formées sur le récipient 64, des joints appropriés étant placés entre les bords des membranes 1 et les brides du récipient. A gauche de chacune des membra-

nes 66 et 67, sur la fig. 8, se trouve un diaphragme ou membrane 34 équipé d'électrodes correspondantes 36 et 37, exactement comme on l'a décrit à propos de la fig. 6. Une source de potentiel est connectée à des conducteurs 68 et 69. Le conducteur 68 est connecté aux électrodes 36 tandis que le conducteur 69 est connecté à toutes les électrodes 37 de telle façon que le potentiel transmis aux électrodes soit isolé du récipient 64 exactement comme dans le cas des fig. 6 et 7 pour la transmission du potentiel aux électrodes contenues dans le récipient 30. Le récipient 64 est entièrement rempli d'un liquide ionisant tel que celui décrit précédemment à propos des fig. 1, 6 et 7. A l'extrémité de droite, sur la fig. 8, est prévu un orifice 70 qui est relié à un élément entraîné par la pression, conçu pour utiliser les forces engendrées dans le récipient 64 de la façon qui sera décrite dans la suite. Cet élément est représenté ici sous la forme d'un soufflet flexible 71 adapté pour produire une force dans le sens de la flèche A.

Dans l'utilisation du dispositif de la fig. 8, les liaisons entre les conducteurs 68 et 69 sont dans un sens tel qu'il existe une tendance du potentiel existant entre les électrodes 36 et 37 à faire passer le liquide à travers les diaphragmes 34 vers la droite sur la fig. 8. Par conséquent, en partant de la gauche sur la fig. 8, le premier diaphragme 34 exercera une pression sur la face gauche de la membrane flexible 66 de façon à bomber cette dernière vers la droite en accroissant ainsi la pression régnant dans la chambre 73. La membrane flexible 65 permet à ce phénomène de se produire. La pression dans la chambre 73 est transmise au liquide contenu dans la chambre 74. Le diaphragme de droite 34, équipé de ses électrodes, provoque une tendance du liquide ionisant à passer de l'électrode 36 vers l'électrode 37, en établissant ainsi dans la chambre 75 une pression supérieure à celle de la chambre 74 et qui est exercée sur la membrane extensible flexible 67. Cette membrane, à son tour, transmet cette pression accrue au liquide contenu dans la chambre 76 et applique cette pression sur un dispositif 71 commandé par la pression, représenté ici sous la forme d'un soufflet fermé, en tendant à déplacer ce soufflet vers la droite.

Sur la fig. 9, deux dispositifs électro-osmotiques suivant l'invention sont représentés dans une application dans laquelle on utilise des courants de liquide secondaires pour commander l'alimentation de dispositifs hydrauliques en utilisant des effets de couches limites. Ici, chacun des dispositifs 30 est identique à celui décrit en regard de la fig. 6 et les éléments de ce dispositif sont désignés par les mêmes numéros de référence. Un courant hydraulique principal est représenté schématiquement en 77. Ce courant se décharge à travers une sortie 78 dans une chambre 79, dont la sortie est divisée par un séparateur 80 de façon à débiter finalement dans l'un ou l'autre

des passages 81 ou 82. Un conduit 82a relie le courant 77 à l'orifice 32 du dispositif électro-osmotique supérieur sur la fig. 9 tandis qu'un conduit 83 relie la sortie de ce dispositif à un orifice de sortie 84. De même, un conduit 85 relie le courant 77 à l'orifice 32 du dispositif électro-osmotique inférieur et l'orifice de sortie 33 de ce dispositif est relié par un conduit 86 à un orifice de sortie 87 qui mène à la chambre 79. Une source de potentiel 88 est reliée par un interrupteur 89 et des conducteurs 90 aux électrodes 36 et 37 respectivement du dispositif inférieur 30. De même, la source de potentiel 91 est reliée par un interrupteur 92 et des conducteurs 93 aux électrodes 36 et 37 du dispositif supérieur.

Le fonctionnement du dispositif de la fig. 9 sera maintenant décrit. Lorsque l'interrupteur 89 est fermé et que l'interrupteur 92 est ouvert, il n'y a pas de potentiel entre les deux côtés du dispositif supérieur 30 et le diaphragme 34 s'oppose à tout écoulement à travers les conduits 82a et 83 en direction de l'orifice de sortie 84. L'interrupteur 89 fermé établit un potentiel entre les électrodes 36 et 37 dans un sens propre à provoquer un écoulement vers la droite sur la fig. 9 à travers les conduits 85 et 86, cet écoulement sortant par l'orifice de sortie 87, et tendant à déplacer une couche limite dans la chambre 79 en direction de l'orifice de sortie 81. L'effet Coanda bien connu déporte alors l'écoulement provenant du courant 77 et de l'orifice 78 en direction de la sortie 81. Pour ramener cet écoulement vers la sortie 82, on ouvre l'interrupteur 89 de façon à arrêter l'écoulement à travers les conduits 85 et 86 et on ferme l'interrupteur 92. Ceci établit un potentiel entre les électrodes 36 et 37 du dispositif supérieur de façon à déterminer un écoulement à travers la cellule et à travers les conduits 82 et 83 en direction de l'orifice de sortie 84. Cet effet établit un écoulement de haut en bas à travers la chambre 79 sur la fig. 9 de façon à déplacer la couche limite vers la sortie 82 et dévier la sortie du courant dans ce sens. La sortie 81 débite à travers le dispositif A et le clapet anti-retour 94 en direction du conduit 95 et renvoie le fluide au courant 77. La sortie 82 débite à travers le dispositif B et le clapet anti-retour 96 dans le conduit 95.

La fig. 11 représente une application de l'invention à certaines des fonctions d'un calculateur. Un boîtier non conducteur de l'électricité 134 est divisé en deux compartiments par une cloison 135 dans laquelle est percée une ouverture 135a. L'extrémité de gauche du compartiment 136 communique avec un soufflet 137. L'extrémité de droite du compartiment 138 communique avec un dispositif indicateur 145, dont la nature sera décrite plus bas. Des membranes poreuses 139 et 140, analogues à celles décrites plus haut à propos de la membrane 13 et des autres membranes ou diaphragmes décrits, sont

montés à joints étanches contre les parois des chambres 136 et 138 respectivement de façon à éviter les fuites le long de ces parois. Des électrodes 141 et 142 sont prévues de part et d'autre de la membrane 139 tandis que des électrodes 143 et 144 sont prévues de part et d'autre de la membrane 140. Ces électrodes 141, 142, 143 et 144, sont analogues aux électrodes 15 et 16 décrites précédemment. Dans l'utilisation de ce dispositif, une tension, par exemple de 5 unités, est appliquée aux électrodes positives 141 par une source non représentée tandis qu'une tension par exemple de 3 unités est appliquée à l'électrode positive 143 comme représenté en traits continus. Suivant le principe de l'invention, les pressions produites à travers les pores des membranes 139 et 140 correspondront respectivement aux tensions appliquées. Par conséquent, dans la chambre 136 il s'établira sur le côté droit de la membrane 139 une pression qui sera équivalente à 5 unités et cette pression traversera l'ouverture 135a pour pénétrer dans la chambre 138 où la tension appliquée à travers la membrane 140 ajoutera une pression équivalente à 3 unités et la pression totale sera transmise à l'indicateur 145 qui, dans ce cas, donnera la somme équivalente au total des unités de pression. Il est évident que l'indicateur 145 peut être étalonné en n'importe quelle unité voulue. Pour utiliser le dispositif de la fig. 11 pour la soustraction, la tension équivalente à 5 unités est également envoyée à l'électrode positive 141 comme décrit précédemment tandis que la tension équivalente à 3 unités n'est plus appliquée comme indiqué par la flèche en traits continus sur la fig. 11 mais est au contraire appliquée dans la position de la flèche en traits interrompus de la fig. 11, à l'électrode 144 tandis que l'électrode 143 est à ce moment négative. Une pression sera donc exercée à travers les pores de la membrane 140 vers la gauche sur la fig. 11 de sorte que la pression régnant dans le compartiment 138 sera opposée à la pression régnant dans le compartiment 136. Par conséquent, la différence entre la pression du compartiment 136, équivalente à 5 unités, est opposée à la pression régnant dans le compartiment 138, qui équivaut à 3 unités de sorte que la pression transmise à l'indicateur 145 est, dans ce cas, équivalente à deux unités, ce qui donne une soustraction.

La fig. 12 représente un dispositif destiné à l'application de l'invention dans laquelle l'épaisseur et la porosité de la membrane 147 peuvent être modifiées dans un but visé. Ici, la membrane 147 présente des pores traversants, comme indiqué précédemment et est de préférence d'un type propre à produire des contre-ions de grande dimension dans les pores. Cette membrane est faite de caoutchouc ou d'une matière plastique compressible et elle est munie, sur ses deux faces opposées, d'électrodes 148 et 149, qui sont du même type que les électrodes définies en

regard des fig. 1 et 6. Un potentiel électrique approprié est transmis à ces électrodes par des conducteurs 148' et 149'. L'ensemble du dispositif est enfermé dans un boîtier 150 sur les parois duquel la membrane 147 est appliquée de manière étanche et dont cette membrane peut être isolée électriquement, mais le boîtier 150 est de préférence non conducteur de l'électricité et les conducteurs 148' et 149' sont également isolés électriquement du boîtier. Un dispositif indiqué en 151 est prévu pour exercer une force dans le sens de la flèche. Ce dispositif est relié par un croisillon 152 ou de toute autre manière désirée, à l'électrode supérieure 148 qui est renforcée pour supporter cette charge et la transmettre de façon à peu près uniforme sur la membrane 147. L'électrode 149 est également renforcée et munie de supports inférieurs 153, afin de résister à la pression exercée de haut en bas. Lorsque cette pression est appliquée, le liquide ionisant qui remplit la chambre du récipient 150 a tendance à passer de la chambre supérieure 154 à la chambre inférieure 155, en accroissant ainsi la pression qui règne dans la chambre inférieure et en comprimant en même temps la membrane 147, comme représenté par les lignes interrompues de la fig. 12. Le soufflet 156 qui communique avec la chambre 154 permet cet effet. L'écrasement de la membrane 147 modifie son épaisseur et tend à réduire le diamètre des pores qui la traversent, ces deux variations se traduisant par une variation de la pression dans la chambre 155, aussi longtemps que le potentiel entre les électrodes 148 et 149 est maintenu constant. Un dispositif capteur de pression 157, par exemple un manomètre, est représenté communiquant avec la chambre 155 et ce dispositif peut éventuellement être étalonné pour permettre de lire directement l'effort 151, la variation étant obtenue, non pas par compression directe du liquide de la chambre 155 mais par variation du dispositif électro-osmotique suivant l'invention en raison de la variation de l'épaisseur et de la dimension des pores de la membrane 147.

La fig. 13 représente encore un autre dispositif adapté pour la mise en œuvre de l'invention. La représentation est schématique mais montre, en 160, le câble tournant d'un compteur de vitesse d'une automobile. Le câble tournant est relié pour la transmission du mouvement à une dynamo 161 comportant des conducteurs de sortie 162 et 163 qui sont connectés respectivement à des électrodes 164 et 165 situées de part et d'autre d'une membrane poreuse 166. Les électrodes et la membrane sont analogues à celles décrites en regard des fig. 1 et 6. La membrane est montée à joints étanches et isolée électriquement dans un boîtier enveloppant 167 qui est rempli d'un liquide ionisant du type décrit plus haut. En 168, on a représenté le carburateur d'un moteur qui entraîne l'automobile qui porte le câble 160 du compteur de vitesse et la dyna-



mo 161. L'alimentation de ce carburateur en essence s'effectue à travers un boîtier 169 de vanne à aiguille et par des conduits reliés à ce boîtier. L'aiguille 170 coopère avec un siège approprié formé dans le boîtier 169 pour modifier le débit du courant qui traverse ce boîtier 169 pour aboutir au carburateur 168, en fonction de la position de l'aiguille 170. L'aiguille est fixée rigidement à un soufflet 171 susceptible de se contracter et de se dilater, qui est en communication avec la chambre 172 située dans la partie inférieure du boîtier 167. Un ressort 173 comprimé entre une première butée 174 et l'extrémité inférieure du soufflet 171 tend à déplacer l'aiguille 170 de bas en haut. La dynamo 161 envoie aux électrodes 164 et 165 un potentiel variable qui dépend de la vitesse de l'automobile. Ceci détermine l'apparition d'une pression variable dans la chambre 172, suivant les principes du dispositif électro-osmotique qui fait l'objet de l'invention. Plus la vitesse de la dynamo 161 est grande, plus le potentiel entre les électrodes 164 et 165 sera important. Ceci engendrera à son tour une plus grande pression dans la chambre 172 à des vitesses plus élevées de l'automobile. Par conséquent, le dispositif peut être réglé pour maintenir l'automobile à toute vitesse voulue. Lorsque la vitesse devient trop élevée, l'aiguille 170 sera poussée vers une position de fermeture dans son siège du boîtier 169, en interrompant ainsi une certaine partie du courant d'essence en direction du carburateur, ce qui, à son tour, réduira la vitesse de la dynamo 161, en réduisant le potentiel aux bords des électrodes 164 et 165, en réduisant ainsi la pression de la chambre 172 et en permettant au ressort 173 de repousser à nouveau l'aiguille vers une position plus ouverte et de rétablir une vitesse légèrement plus élevée.

Une autre application de l'invention consiste à utiliser le dispositif électro-osmotique de l'invention avec un liquide ionisant qui change de viscosité avec la température. Ce liquide peut être par exemple l'éthanol. Lorsqu'on place un tel dispositif en communication avec une chambre dont il s'agit de mesurer la température, et qu'on applique un potentiel électrique constant entre les électrodes situées de part et d'autre de la membrane et, du fait que la variation de température modifie la viscosité du liquide ionisant, la pression régnant sur le côté de sortie de la membrane variera. Cette pression peut être étalonnée, non pas en kg/cm<sup>2</sup> mais en températures.

Une autre application du dispositif électro-osmotique perfectionné consiste à déterminer la tension existant dans un système électrique à trois fils. On peut interposer un ou plusieurs des dispositifs électro-osmotiques suivant l'invention dans un ou plusieurs des conducteurs électriques de sorte qu'une modification du potentiel dans le

conducteur particulier modifiera la pression sur le côté de sortie de la membrane poreuse du dispositif électro-osmotique et cette pression peut être utilisée pour commander des dispositifs de réglage pour assurer l'égalisation du potentiel entre plusieurs des conducteurs électriques.

Un grand nombre d'autres applications de la présente invention seront évidentes pour le spécialiste, et, bien entendu, celle-ci n'est pas limitée aux modes de réalisation représentés et décrits qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemples.

#### RÉSUMÉ

L'invention a principalement pour objets :

1. Un dispositif assurant un transfert d'énergie entre un système électrique et un système à pression de liquide, ce dispositif étant remarquable notamment par les caractéristiques suivantes, considérées séparément ou en combinaisons :

1° Il comprend un récipient formant au moins deux chambres, un liquide ionisant non aqueux qui remplit lesdites chambres, une membrane poreuse contenue dans ledit récipient, immergée dans le liquide et qui forme une cloison séparant les chambres, cette membrane étant fixée de manière étanche dans ledit récipient de sorte que le liquide est obligé de le traverser pour passer de l'une à l'autre des chambres, des électrodes disposées de part et d'autre de la membrane qui sont pratiquement inertes chimiquement par rapport audit liquide et des moyens pour appliquer un potentiel électrique entre les électrodes pour provoquer l'écoulement du liquide à travers les pores de la membrane ;

2° Ladite membrane a une forte charge superficielle adaptée pour produire des contre-ions de grandes dimensions dans le liquide ionisant contenu dans ses pores ;

3° Le dispositif comprend des moyens pour l'actionner à partir du système électrique afin de fournir de la puissance au système à pression de liquide ;

4° Le liquide est un électrolyte et a la caractéristique qu'un courant électrique appliqué entre les électrodes produit une forme oxydée de l'électrolyte sur une première électrode et une forme réduite de cet électrolyte sur l'autre électrode, cette forme oxydée se transformant en la forme réduite sur ladite autre électrode et la forme réduite se transformant en la forme oxydée sur la première électrode, de façon à donner lieu à une réaction chimique réversible, l'électrolyte restant chimiquement stable ;

5° Lesdits moyens pour appliquer un potentiel entre les électrodes sont conçus pour appliquer un courant continu entre celles-ci ;

6° Lesdits moyens appliquent un courant alternatif entre les électrodes ;

7° Le dispositif constitue une pompe ou un générateur de pression électro-osmotique ;

8° Ledit liquide a pour caractéristique que sa composition reste pratiquement stable pendant une période d'au moins deux heures d'application continue dudit potentiel ;

9° Le liquide ionisant est enfermé dans un circuit fermé qui comprend lesdites chambres ;

10° L'électrolyte contient de la cyclohexanone qui donne lieu à ladite réaction chimique réversible ;

11° L'électrolyte contient de la quinone-hydroquinone qui donne lieu à ladite réaction chimique réversible ;

12° L'électrolyte contient du ferrocyanure-ferri-cyanure qui donne lieu à ladite réaction chimique réversible ;

13° La réaction chimique réversible se produit quelle que soit celle des électrodes qui constitue l'anode ;

14° Le liquide ionisant a une constante diélectrique comprise entre environ 8 et environ 100 ;

15° Les pores de la membrane sont de dimension à peu près uniforme, le diamètre des pores étant compris entre environ 0,10 et 10,0 microns ;

16° La membrane est faite de verre fritté ou de céramique frittée, de matière plastique, de caoutchouc, de papier ou de cellulose, qui sont toutes des matières ayant une forte charge superficielle, de matières frittées solides imprégnées de groupes ioniques organiques fixés, de résines plastiques synthétiques, ou d'une membrane organique contenant de fortes concentrations de groupes ioniques fixés ;

17° La membrane est faite d'une matière donnant une forte charge superficielle adaptée pour produire des contre-ions de grandes dimensions dans le liquide contenu dans ses pores ;

18° La membrane est imprégnée d'une matière formant des ions ammonium quaternaires de grandes dimensions ;

19° La membrane est imprégnée d'hydroxyde de tétrapropylammonium ;

20° La membrane est faite de verre fritté imprégné d'une matière donnant des ions ammonium quaternaires de grandes dimensions ;

21° L'électrolyte contient de l'alcool méthylique qui donne lieu à ladite réaction chimique réversible ;

22° Le dispositif comprend des moyens pour modifier la porosité de la membrane afin de modifier par ce moyen la tendance à l'écoulement ;

23° Le dispositif comprend des moyens pour modifier l'aire de la membrane afin de modifier de cette façon la tendance à l'écoulement ;

24° Le liquide ionisant a la caractéristique que sa viscosité varie avec la température de sorte que la tendance à l'écoulement varie avec cette viscosité en exerçant ainsi une fonction de signalisation ou de commande ;

25° L'appareil comprend des moyens permet-

tant de modifier le potentiel établi entre les électrodes ;

26° L'appareil comprend des moyens pour modifier l'épaisseur de la membrane.

II. Un procédé pour faire passer un liquide à travers une membrane poreuse dans lequel des électrodes sont disposées de part et d'autre de cette membrane et un potentiel électrique est appliqué entre les électrodes pour établir un champ électrique entre les deux faces de la membrane et à travers la masse du liquide non aqueux contenu dans ses pores, ce procédé étant remarquable notamment par les caractéristiques suivantes considérées séparément ou en combinaisons :

1° On utilise au titre dudit liquide, un liquide non aqueux ayant une constante diélectrique d'environ 5 à 100 et dont au moins un constituant est une substance qui subit un effet redox suivant lequel il est réduit à partir de la forme oxydée sur une première électrode et il est oxydé à partir de la forme réduite sur l'autre électrode ;

2° Le liquide contient de l'hydroquinone ;

3° Le liquide contient du ferro-ferricyanure ;

4° Le liquide non aqueux est un liquide organique contenant un groupe polaire et une fraction hydrocarbonée ;

5° Le liquide non aqueux est un hydrocarbure substitué par un groupe polaire n'agissant pas qui peut être  $-\text{CN}$ ,  $-\text{C}-\text{O}$ , ou  $-\text{NO}_2$  ;

6° Des groupes formateurs de contre-ions sont fixés à la surface des pores de la membrane.

III. Un liquide destiné à être utilisé comme liquide ionisant dans un dispositif électro-osmotique dans lequel un potentiel est appliqué entre des électrodes disposées de part et d'autre d'une membrane poreuse, ce liquide étant remarquable notamment en ce qu'il a la caractéristique qu'un courant électrique circulant entre les électrodes produit une forme oxydée de ce liquide sur une première électrode et une forme réduite de ce liquide sur l'autre électrode, ladite forme oxydée se transformant en ladite forme réduite sur ladite autre électrode et ladite forme réduite se transformant en ladite forme oxydée sur la première électrode de façon à donner lieu à une réaction chimique réversible, et le liquide ionisant restant chimiquement stable.

IV. Une membrane poreuse destinée à être utilisée dans un dispositif électro-osmotique dans lequel un potentiel est appliqué entre des électrodes situées de part et d'autre de la membrane lorsque cette dernière est immergée dans un liquide ionisant, ladite membrane étant remarquable notamment par les caractéristiques suivantes, considérées séparément ou en combinaisons :

1° Elle est faite d'une matière donnant une forte charge superficielle adaptée pour produire des contre-ions de grandes dimensions dans le

liquide contenu dans les pores de ladite membrane ;

chimiquement pour produire une couche de contre-ions de grandes dimensions dans le liquide qui est contenu dans ses pores.

2<sup>e</sup> Elle est faite d'une matière qui a été traitée

MACK GORDON

Par procuration :

Cabinet LAVOIX

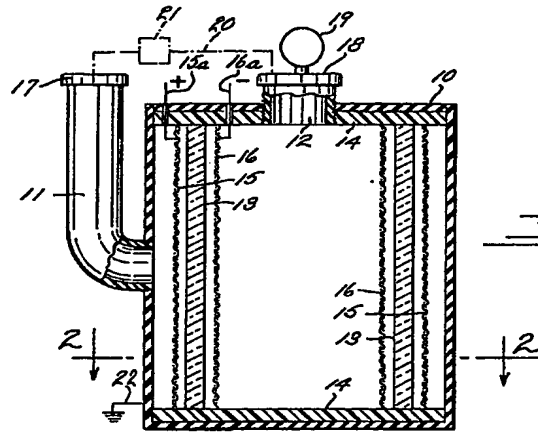


FIG. 1

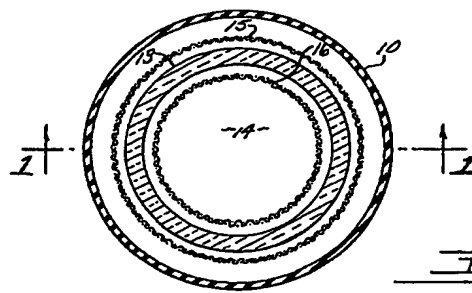


FIG. 2

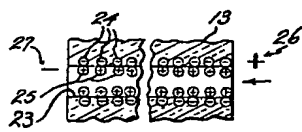
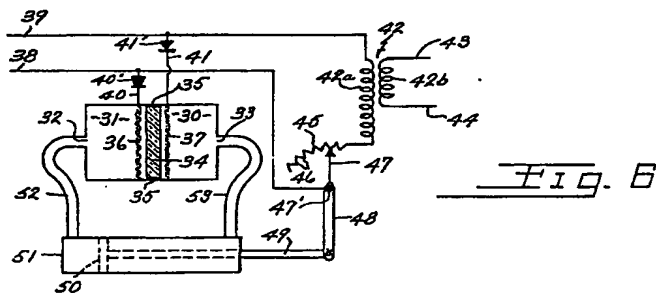
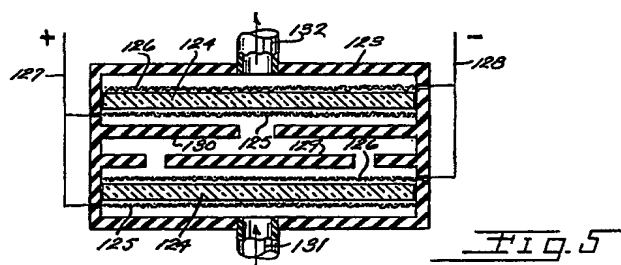
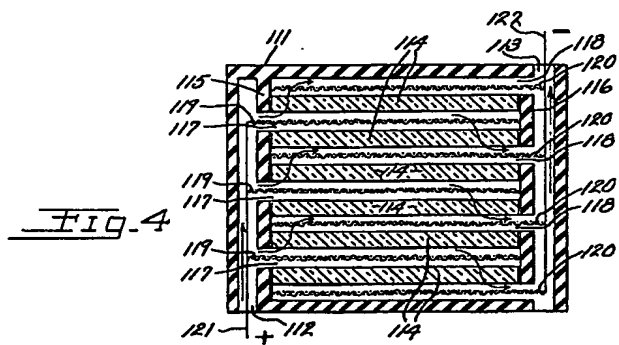


FIG. 3



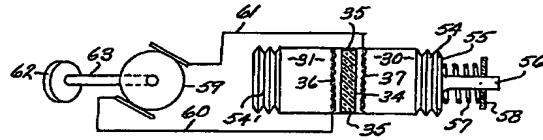


Fig. 7

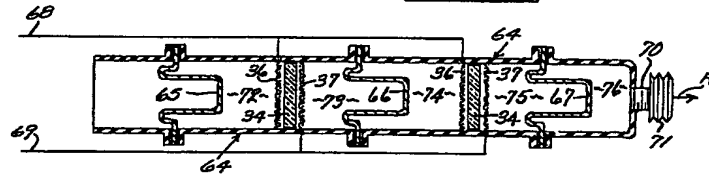


Fig. 8

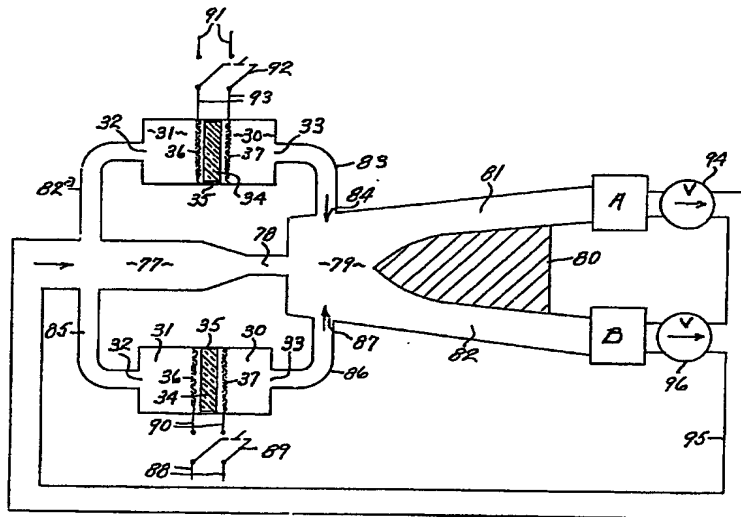


Fig. 9

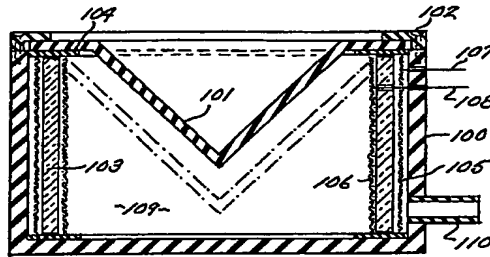


FIG. 10

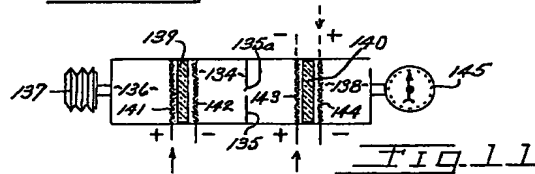


FIG. 11

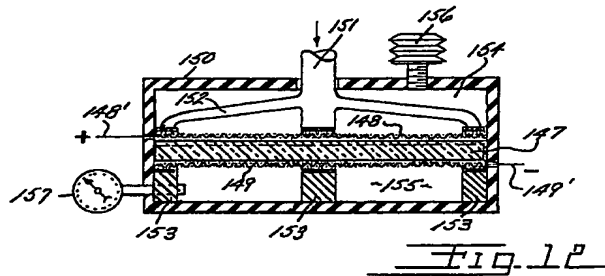


FIG. 12

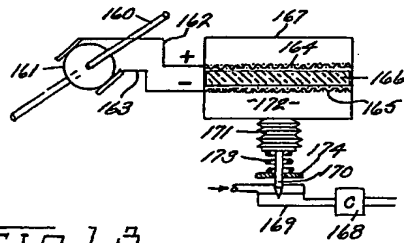


FIG. 13